



## DINÁMICA ESPACIAL Y ESTACIONAL DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA EN UNA CUENCA PATAGÓNICA ARGENTINA

### SPATIAL AND SEASONAL DYNAMICS OF WATER PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS OF AN ARGENTINE PATAGONIAN BASIN

Scordo, Facundo<sup>1,2</sup>; Spetter, Carla V.<sup>1,2</sup>; Baleani, C.A.<sup>1</sup>; Piccolo, M. Cintia<sup>1,3</sup>; Perillo, Gerardo M.E.<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), CONICET/UNS, Bahía Blanca, Argentina,

<sup>2</sup>Departamento de Química (UNS) Bahía Blanca, Argentina, <sup>3</sup>Departamento de Geografía y Turismo (UNS), Bahía Blanca, Argentina, <sup>4</sup>Departamento de Geología (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

[sscordero@criba.edu.ar](mailto:sscordero@criba.edu.ar)

#### Resumen

Se analizaron las principales características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua de la cuenca del río Senguer para establecer sus variaciones espaciales y estacionales. En cada estación del año se midió la concentración de clorofila a (cl a), sedimentos en suspensión (SST), salinidad (S), pH, oxígeno disuelto (OD) y profundidad de disco de Secchi (en lagos). Los parámetros físico-químicos de los ríos y lagos de la cuenca varían espacial y estacionalmente, relacionado con las condiciones climáticas, litológicas y de cobertura y uso del suelo. Entre los dos extremos de la cuenca el lago Fontana (FO, en la cordillera de los Andes) y el lago Musters (MU, en la meseta patagónica) observamos importantes diferencias en OD ( $FO = 9,4 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $MU = 8,9 \pm 3,8 \text{ mg L}^{-1}$ ), SST ( $FO = 0,4 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $MU = 4,3 \pm 2,6 \text{ mg L}^{-1}$ ), S ( $FO = 14 \pm 1 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $MU = 278 \pm 9 \text{ mg L}^{-1}$ ) y Cl a ( $FO = 0,4 \pm 0,6 \mu\text{g L}^{-1}$ ;  $MU = 4,1 \pm 6,2 \text{ mg L}^{-1}$ ).

**Palabras clave:** lago Fontana, lago Musters, río Senguer, parámetros físico-químicos.

#### Introducción

Los lagos y ríos son considerados sensores de la variabilidad climática y la actividad antrópica (Adrian et al., 2009). La cuenca del río Senguer localizada en el centro de la Patagonia Argentina (Fig. 1) tiene su cabecera en la cordillera de los Andes y finaliza en la Patagonia extra-andina. Dentro de la cuenca se presenta una serie de gradientes climáticos (precipitación, temperatura), topográficos y de usos antrópicos. Los cuerpos de agua se encuentran distribuidos espacialmente en distintos sectores de esos gradientes. Sin embargo, hasta el presente no se han analizado las variaciones espaciales ni estacionales de los ríos y lagos de la cuenca. En este trabajo se analizan y describen la dinámica espacial y estacional de las principales características físico-químicas y biológicas de los cuerpos de agua de la cuenca del río Senguer. Se estudió desde el lago Fontana (en la cordillera de los Andes), el río Mayo y el río Senguer en todo su recorrido, hasta su finalización en el lago Musters (en la meseta patagónica). Se relacionó la calidad del agua con la estacionalidad climática, la cobertura de suelo y la actividad antrópica.

#### Materiales y Métodos

Entre mayo de 2015 y enero de 2016 se muestreó estacionalmente los lagos Fontana y Musters y seis sitios a lo largo de los ríos permanentes de la cuenca (Fig. 1). Las mediciones se hicieron siguiendo un eje desde la cordillera de los Andes (cuenca alta) hasta el centro de la Patagonia extra-andina (cuenca baja). Los sitios y las profundidades de muestreo se eligieron según recomendaciones de la OMS (Bartram y Balance, 1996) y APHA-AWWA-WEF (1998).

En los lagos se determinó la transparencia del agua utilizando un disco Secchi (PDS; m). En ríos y lagos se utilizaron sondas multiparamétricas YSI 6600 V2-4 y HORIBA U10® para medir temperatura ( $T$  °C), salinidad (S;  $\text{mg L}^{-1}$ ), pH y oxígeno disuelto (OD;  $\text{mg L}^{-1}$ ). En ríos y lagos se tomaron muestras de agua a -0,5 m para determinar sólidos en suspensión total, orgánico e inorgánico (SST, SSO, SSI, respectivamente;  $\text{mg L}^{-1}$ ). En los lagos las muestras de agua

también se usaron para determinar concentración de clorofila a ( $Cl\ a$ ;  $\mu g\ L^{-1}$ ). Para la determinación de  $Cl\ a$  y de sólidos en suspensión, el agua se filtró a través de filtros de membrana de fibra de vidrio grado F (47 mm de diámetro y  $0,7\ \mu m$  de diámetro de poro).

La concentración de  $Cl\ a$  y de feopigmentos se obtuvo por método espectrofotométrico según APHA-AWWA-WEF (1998). Para la obtención de SST los filtros utilizados fueron secados en estufa a  $60\ ^\circ C$  hasta peso constante y su concentración se obtuvo por diferencia de peso. Posteriormente, estos filtros fueron muflados ( $500\ ^\circ C$ , 3h) y pesados nuevamente. La diferencia de peso entre el filtro secado a estufa y el muflado corresponde a los SSO. Finalmente, la diferencia entre los SST y los SSO representa el SSI. Para todas las variables se calcularon estadísticos descriptivos anuales y estacionales básicos. Para analizar las relaciones entre las variables se realizó un análisis de correlación de Spearman.

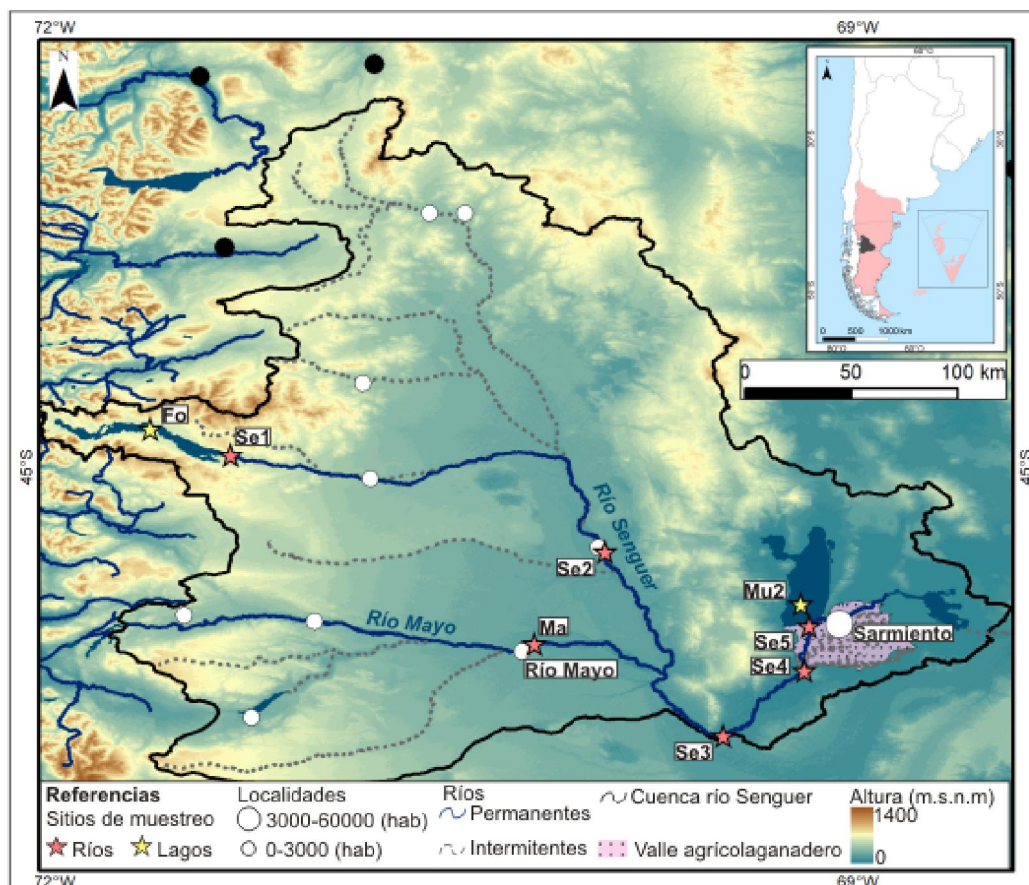


Figura 1. Sitios de medición y muestreo. Fo: lago Fontana; Se1: cabecera del río Senguer; Se2: río Senguer previo a la confluencia con el Mayo; Ma: río Mayo luego de la localidad río Mayo; Se3: río Senguer luego de la confluencia con el Mayo; Se4: río Senguer previo a la toma de canal de riego; Se5: río Senguer luego de las tomas para riego y previo a la entrada en el lago Musters; Mu2: lago Musters.

## Resultados y Discusión

En la región donde se localiza la cuenca del río Senguer las condiciones climatológicas cambian significativamente desde la cordillera de los Andes (promedio anual de precipitación 900 mm, temperatura media anual fue  $7,5\ ^\circ C$ , amplitud térmica anual  $13,4\ ^\circ C$ ) hasta el sector de mesetas en el centro del continente (promedio anual de precipitación 159 mm, temperatura media anual fue  $11,5\ ^\circ C$ , amplitud térmica anual  $15,1\ ^\circ C$ ) (Scordo, 2018). Lo mismo ocurre con las características geomorfológicas, litológicas y la cobertura vegetal. La cordillera está compuesta principalmente de rocas ígneas y metamórficas poco erosionables (Ramos, 1999) y la vegetación característica es el bosque andino patagónico (Valladares, 2004). Mientras que, las mesetas tapizada por estepa arbustiva (Valladares, 2004) se encuentran compuestas principalmente de rocas sedimentarias (Cobos y Panza, 2003) susceptibles a la erosión (Fig. 2). A su vez, un gradiente de ocupación y uso del suelo se produce desde la cuenca alta a la baja. Pocos pobladores estables se encuentran en el lago Fontana; mientras que, al sur del lago Musters, se localiza un gran valle agrícola-

ganadero y 11.000 personas habitan en Sarmiento (Scordo 2018). Todas las condiciones descriptas influyen en la calidad del agua del río Senguer a lo largo de su recorrido.

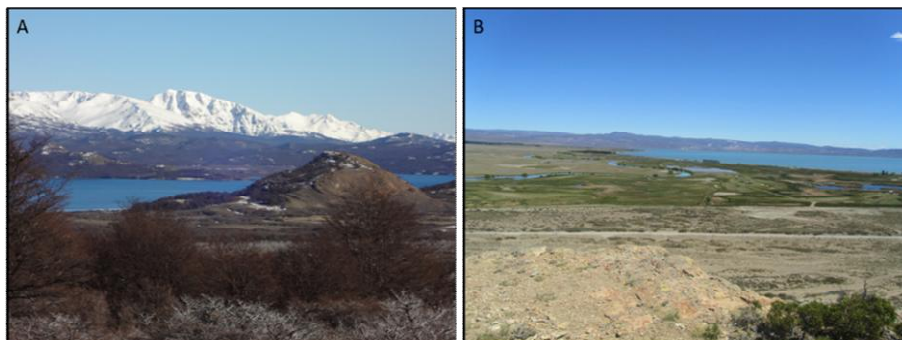


Figura 2. Se observa las diferencias en características geomorfológicas, geológicas y de cobertura del suelo entre el lago Fontana (cuenca alta) (A) y el Musters (cuenca baja) (B).

La concentración de los SST en todos los cuerpos de agua de la cuenca ( $< 16 \text{ mg L}^{-1}$ ) se encontró por debajo de los límites que afectan a la gran mayoría de los organismos acuáticos según estudios internacionales (Chapman et al., 2017). La concentración de SST aumentó conforme el río atraviesa los sectores más urbanizados y de uso agrícola-ganadero: Ma ( $6,1 \pm 9,0 \text{ mg L}^{-1}$ ), Se5 = ( $10,7 \pm 5,0 \text{ mg L}^{-1}$ ). El dragado de canales para riego, la remoción de cobertura vegetal y el pisoteo animal son algunos de los motivos que contribuyen a ese incremento. Las fracciones de SSO y SSI son afectadas por la cobertura del suelo. La mayoría de los sitios de muestro están rodeados de terreno escasamente vegetado y mayormente compuestos de rocas sedimentarias y los SSI representaron en promedio un 75 % de los SST. Solo en el lago Fontana el SSO ( $0,3 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) fue mayor al SSI ( $0,1 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ), esto probablemente se deba al arrastre de material vegetal por lavado de suelo. Los valores más elevados de SST se registraron en el invierno y la primavera, estaciones donde se producen las mayores precipitaciones pluviales, que por escorrentía superficial arrastran material particulado. Sin embargo, en alguno de los sitios de muestreo los SSO presentaron mayores valores en el verano y la primavera, debido a que la temperatura y las horas de luz favorecen el desarrollo de las organismos acuáticos (Wetzel, 2001).

La S aumentó más de un orden de magnitud entre la cuenca alta (Fo:  $14 \pm 1 \text{ mg L}^{-1}$ ) y la baja (Mu2:  $278 \pm 9 \text{ mg L}^{-1}$ ). Sin embargo, los valores siempre se encontraron por debajo de los límites nacionales ( $1500 \text{ mg L}^{-1}$ ; CCA, 2007) e internacionales ( $1000 \text{ mg L}^{-1}$ ; OMS, 1996) permitidos para el consumo humano. En los sitios cercanos a los núcleos urbanos y agrícola-ganaderos (Ma y Mu2) la S fue mayor. Resultados similares han sido detectados para otros ríos argentinos cercanos a zonas urbanizadas (Sastre et al., 1998; Miserendino et al., 2008, 2011). Los valores más elevados de S mayormente ocurrieron durante los meses de otoño y verano en los cuales la temperatura, velocidad del viento y evaporación fue mayor y los caudales son menores. Todos esos factores contribuyen a la concentración de los iones y cationes disueltos (Wetzel, 2001).

En general, el pH de los cuerpos de agua de la cuenca fue levemente alcalinos ( $8,0 \pm 0,8$ ), característica común de los ríos (Sastre et al., 1998; Miserendino et al., 2008, 2011) y lagos (Díaz et al., 2000, 2007; Izaguirre et al., 2016) de la Patagonia. Los valores encontrados permiten el desarrollo normal de la biota acuática.

El OD estuvo altamente relacionado con la temperatura del agua lo que generó que en verano los valores de OD disminuyeran significativamente ( $5,5 \pm 4,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) en comparación a los del invierno ( $11,0 \pm 1,2 \text{ mg L}^{-1}$ ). A su vez, en los sitios de muestreo localizados en sectores más cercanos a la cordillera (donde la variación térmica estacional es menor) el OD fluctuó menos. En el lago Musters, durante la estación estival, el OD fue  $5 \text{ mg L}^{-1}$  y es un parámetro que debería continuar monitoreándose, ya que se encuentra cercano al límite inferior ( $4,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) que permite la vida de los salmónidos (EPA, 1986). La caída en los valores de OD en lagos de la Patagonia durante el verano también fue detectada por Baigun (2001), quien postuló que durante esa época los peces se refugian en las zonas más profundas, frías y oxigenadas.

Los parámetros como S, pH, SST, OD, así como el estado trófico del lago Fontana se corresponden con los valores definidos por Quirós y Drago (1999) para un lago andino patagónico. A lo largo del





año las variables se mantuvieron relativamente estables a pesar de la gran variación de la temperatura del agua entre el invierno (4,0 °C) y el verano (10,6 °C). La  $Cl_a$  aumentó levemente (0,30  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) durante la estación estival; sin embargo, siempre se mantuvo por debajo del límite superior de la ultra-oligotrofia (< 1  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; OCDE, 1982). La PDS (-12 m) en este cuerpo de agua también se correspondió con la de un lago ultra-oligotrófico.

El lago Musters presentó características típicas de un lago de la región extra-andina (Quirós y Drago, 1999). Estacionalmente, las variables analizadas fluctuaron más que en el Fontana. Esto se asocia a su localización en la cuenca y a la estacionalidad climática en ese sector. La temperatura del agua más cálida del verano (+12,0 °C), junto al aporte de nutrientes derivado de la máxima escorrentía durante la primavera, conllevan a que la  $Cl_a$  aumente 3  $\mu\text{g L}^{-1}$  durante la estación estival. En general, el lago es mesotrófico a excepción del invierno donde debido a las bajas temperaturas (4,5 °C) la  $Cl_a$  se corresponde con la de un ecosistema oligotrófico (< 2,5  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; OCDE, 1982). La PDS (-3,5 m) en Musters se corresponde con la de un lago mesotrófico.

## Conclusiones

Los parámetros físico-químicos de los ríos y lagos de la cuenca del río Senguer varían espacial y estacionalmente, relacionado con las condiciones climáticas, litológicas y de cobertura y uso del suelo. Esto quedó particularmente reflejado entre los dos extremos de la cuenca, el lago Fontana (cordillera de los Andes) y el lago Musters (meseta patagónica), donde observamos significativas diferencias de OD, SST, S y  $Cl_a$ .

## Bibliografía

- APHA-AWWA-WEF**, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. L. S. Clesceri, A.E. Greenberg, A.D. Eaton. APHA, Washington.
- Bartram, J. y Balance, R.**, 1996. Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs. Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente, Londres.
- Baigun, C., Marinone, M.C.**, 1995. Cold-temperate Lakes of South America: Do they Fit Northern Hemisphere Models? Arch Hydrobiol. 135(1): 23-51.
- [CAA] Código Alimentario Argentino**, 2007. Agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario. [http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo\\_XII.pdf](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_XII.pdf)
- Chapman, P.M., Hayward, A., Faithful, J.**, 2017. Total Suspended Solids Effects on Freshwater Lake Biota Other than Fish. Bull Environ Contam Toxicol. 99(4): 423-427.
- Cobos, J.C., Panza, J.**, 2003. Hoja geológica 4769-IV, El Pluma (1:250.000). SEGEMAR.
- EPA**, 1986. Quality Criteria for Water. Office of Water Regulations and Standards, Washington.
- Miserendino, M.L., Brand, C., Di Prinzio, C.**, 2008. Assessing urban impacts on water quality, benthic communities and fish in streams of the Andes Mountains, Patagonia (Argentina). Water Air Soil Pollut. 194(1): 91-110.
- Miserendino, M. L., Casaux, R., Archangelsky, M., Di Prinzio, C.Y., Brand, C., Kutschker, A.M.**, 2011. Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. Sci Total Environ. 409(3): 572-584.
- OCDE**, 1982. Valores límites de la OCDE para un sistema abierto de clasificación trófica. En: S.O. Ryding, W. Rast. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Ediciones Pirámide, Madrid.
- Quirós, R., Drago, E.**, 1999. The environmental state of Argentinean lakes: An overview. Lake Reservoir Manag. 4(1-2): 55-64.
- Ramos, V.A.** 1999., Las provincias geológicas del territorio argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales. 29(3): 41-96.
- Scordo, F.**, 2018. Dinámica integral de los recursos hídricos de la cuenca del río Senguer. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/4386/1/TesisScordo.pdf>
- Sastre, V., Santinelli, N., Otaño, S. H., Iwanishevich, M. E.**, 1998. Water quality in the lower section of the Chubut River. Patagonia. Argentina. Verh Internat Verein Theor Angew Limnol. 26(3): 951-955.
- Valladares, A.**, 2004. Cuenca de los ríos Senguer y Chico. Argentina (Cuenca n°66). Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina. <https://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/pdf/66.pdf>
- Wetzel, R. G.**, 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. San Diego, USA: Elsevier B.V.